

天津市氨排放清单建立及时空分布特征分析

徐媛, 刘茂辉, 展先辉, 赵吉睿, 孙猛* (天津市生态环境监测中心, 天津 300191)

摘要 根据各类氨排放源活动水平数据, 采用排放因子法, 估算了天津市氨排放清单, 结合中尺度气象模式 WRF 和排放清单处理模式 SMOKE, 在分析天津市人为源氨排放的时空分布特征的基础上建立了 2017 年天津市高时空分辨率氨排放清单。结果表明, 2017 年天津市氨排放量为 57.45 kt, 畜禽养殖和氮肥施用是排放贡献最大的排放源, 分别占排放总量的 49.3% 和 33.6%; 在畜禽养殖源氨排放中, 奶牛、蛋鸡的排放量最大, 占畜禽养殖排放总量的 46.9%, 其次是生猪和肉牛, 分别占 14.3% 和 13.8%; 武清区、宝坻区、蓟州区等天津市西部及北部区域是氨排放主要贡献区域, 占天津市氨排放总量的 65.5%, 且该区域的氨排放具有显著的时间变化特征, 表现为 12:00、18:00 左右是排放量较高时间段。

关键词 氨排放清单; 空间特征; 时间特征; 天津市

中图分类号 X51 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)09-0067-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.09.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Analysis of Ammonia Emission Inventory Establishment and Its Temporal-spatial Characteristics in Tianjin

XU Yuan, LIU Mao-hui, ZHAN Xian-hui et al (Tianjin Eco-Environment Monitoring Center, Tianjin 300191)

Abstract Based on the activity data of ammonia emission sources, the ammonia emission of Tianjin City was estimated using the emission factors of various ammonia sources. Integrate weather research and forecasting (WRF) and sparse matrix operator kernel emission model (SMOKE), a 2017-based high temporal-spatial ammonia emission inventory for Tianjin City was developed based on the emission characteristics. The results showed that the total ammonia emission of Tianjin City was 57.45 kt in 2017. Livestock and application of N fertilizer were main contributors, accounting for 49.3% and 33.6% of total NH₃ emission, respectively. In ammonia emissions from livestock breeding, milk cow and hen were the largest contributor with 46.9% of total livestock emission, followed by the natal pig and beef cattle with contributions of 14.3% and 13.8%. Western and Northern regions of Tianjin City included Wuqing, Baodi and Jizhou were the main contribution regions with 65.5%, and the ammonia emission in the region had a significant temporal characteristics, 12:00 and 18:00 were the high ammonia emission periods.

Key words Ammonia emission inventory; Spatial characteristics; Temporal characteristics; Tianjin City

氨(NH₃)是大气中最重要的微量碱性气体,它在低层环境中和其他前驱物(SO₂、NO_x等)相互反应生成二次粒子硫酸盐和硝酸盐,这些物质是大气中PM_{2.5}的重要组成部分^[1-2],魏欣等^[3]研究发现二次粒子(二次硫酸盐和二次硝酸盐)是天津夏季PM_{2.5}的主要排放源。NH₃和NH₄⁺也是大气酸沉降的重要组成部分,大气中99%的NH₄⁺和NH₃随着大气干湿沉降返回到地面,对土壤的酸化以及地表水富营养化等造成巨大威胁,而1%的NH₃则在高空进一步被O₃氧化成NO_x,加剧酸雨、光化学烟雾及温室效应等一系列环境问题。Buijsman等^[4]估计70%以上的酸性气溶胶和气态酸被氨中和,氨转化生成的铵盐进入土壤经微生物作用可氧化生成酸引起土壤酸化;彭应登等^[5]研究发现,大气氨是北京春、秋、冬这3个季节产生二次粒子的主控因子。刘煜等^[6]研究发现,二次颗粒物浓度低时,大气中的铵根离子浓度也低;同时利用MODEL-3/CMAQ模型模拟华北地区夏季二次气溶胶生成发现,NH₃对华北地区硫酸盐和硝酸盐气溶胶的形成起着至关重要的作用,如果没有氨的存在,大气中硫酸盐气溶胶大约减少30%,硝酸盐气溶胶将基本消失。人为氨源主要包括农业源和非农业源,农业源氨排放主要来自畜禽饲养、放牧过程中粪尿的排放和农业氮肥的施用,非农业源

主要包括人体排放、生物质燃烧、氮肥生产等^[7-9]。

伴随京津冀区域发展一体化,天津城市化和工业化进程快速发展,城市大气环境不容乐观,近年来研究表明,天津首要污染物为PM₁₀,而其中的PM_{2.5}占有较高比例,呈现出明显的区域型大气复合污染的特征,二次气溶胶污染问题日益突出^[10]。早期编制的氨排放清单对人为源的考虑尚不全面,缺少对生产工艺、生物质燃烧的估算,已不能满足目前区域空气质量研究的需要。为此,笔者根据环境统计、天津市统计年鉴、验收监测等相关数据资料,同时考虑农业源氨排放是主要贡献源,对农业系统氨排放活动水平数据通过样本抽样调查进行重点核定,采用排放因子法估算了2017年天津市氨排放量,并分析天津区域氨排放的空间分布特征,旨在为该地区的污染源来源解析和大气环境影响评估研究提供基础资料,对京津冀区域大气环境整治有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 研究区域 研究区域包括天津市南开区、和平区、河东区、河西区、河北区、红桥区、宝坻区、武清区、北辰区、津南区、西青区、东丽区、滨海新区、蓟州区、静海区、宁河区,共16个区县。

1.2 研究方法

1.2.1 氨排放量估算。该研究估算的氨排放源分为农业源(畜禽养殖、氮肥施用)、非农业源(氮肥工业生产、人体排放、生物质燃烧、废弃物处理、机动车尾气排放)。农业源活动数据来源于《天津区县年鉴2011》^[11]、《天津调查年鉴2012》^[12]、《天津统计年鉴2017》^[13];此外,该研究对天津市

基金项目 国家重点研发计划项目(2016YFC0208200)。
作者简介 徐媛(1982—),女,河南睢县人,工程师,博士,从事大气污染源排放控制技术、大气污染源排放清单研究。*通信作者,高级工程师,博士,从事污染源监测及精细化管理研究。
收稿日期 2019-09-10

主要涉农区县(蓟州、静海、武清、宝坻等)的活动水平数据进行样本区域调研,验证并校核农业源资料及文献收集数据。非农业源活动数据来自相应的统计年鉴,其中人体排放基础数据来源于《天津统计年鉴 2017》^[13];氮肥工业生产和废弃物处理主要依据天津市环境统计、排污申报登记年度数据估算;生物质燃烧活动数据主要来源于天津市土地利用数据等文献资料。排放因子主要参考国内外研究成果,优先选用国内实测数据或本地化排放因子,若无国内数据则参考国外在同等或类似污染情况下的排放因子。

氨排放量估算主要采用“down-up”与“up-down”相结合的方式进行估算。采用基于活动水平数据的排放因子法进行估算不同排放源的排放量,然后进行加和得到总的 NH_3 排放量,计算公式如下:

$$E = \sum A_{i,j} \times EF_j$$

式中, E 为天津市氨排放总量(t/a); i,j 分别为地区、源类别; A 为活动水平数据; EF 为排放因子。将汇总得到的不同排放源氨排放量数据通过地理信息系统建立污染源数据库,结合相应排放源的空间位置和排放活动规律进行网格化处理,建立 $3 \text{ km} \times 3 \text{ km}$ 的高时空分辨率网格化排放清单。

1.2.2 氨排放清单模式处理系统。在该研究中,氨排放清单处理模式系统主要包含气象预报模式(weather research

and forecasting, WRF) 中的气象数据处理模块、污染源排放处理模式(sparse matrix operator kernel emission model, SMOKE) 中的清单数据处理模块。

WRF^[14] 采用非静力动力框架并采用地形追随的 Sigma 坐标系,适用于从米到成千上万公里尺度的各种天气系统的模拟,由美国 NCAR(national center for atmospheric research) 的中尺度以及微尺度气象部门对整个 WRF(第三版)进行维护与支持;该研究中的地表和地形数据采用美国地质调查局(USGS)提供的全球数据,以美国国家环境预报中心(NCEP)提供的 3 h 间隔的气象预测数据为输入。

SMOKE^[15] 是美国北卡罗莱纳大学环境模拟中心开发的污染物高速运算排放处理模式系统,采用稀疏矩阵方式进行运算,将排放源处理过程都转化为一个独立矩阵,依据不同污染源的化学分配机制(chemical speciation)、时间分配机制(temporal allocation)及空间分配机制(spatial allocation)对氨排放清单进行处理,为多种空气质量模型提供源清单输入文件。该研究排放清单处理系统采用两层双向嵌套网格设置,外层→内层的网格分辨率分别为 9, 3 km。核心模拟区域如图 1 中 D2 所示,范围为 $116^{\circ}38'49.2'' \sim 118^{\circ}14'2.4''\text{E}$ 、 $38^{\circ}34'58.8'' \sim 40^{\circ}13'30''\text{N}$, 包含 40 列、61 行,共计 2 440 个网络。

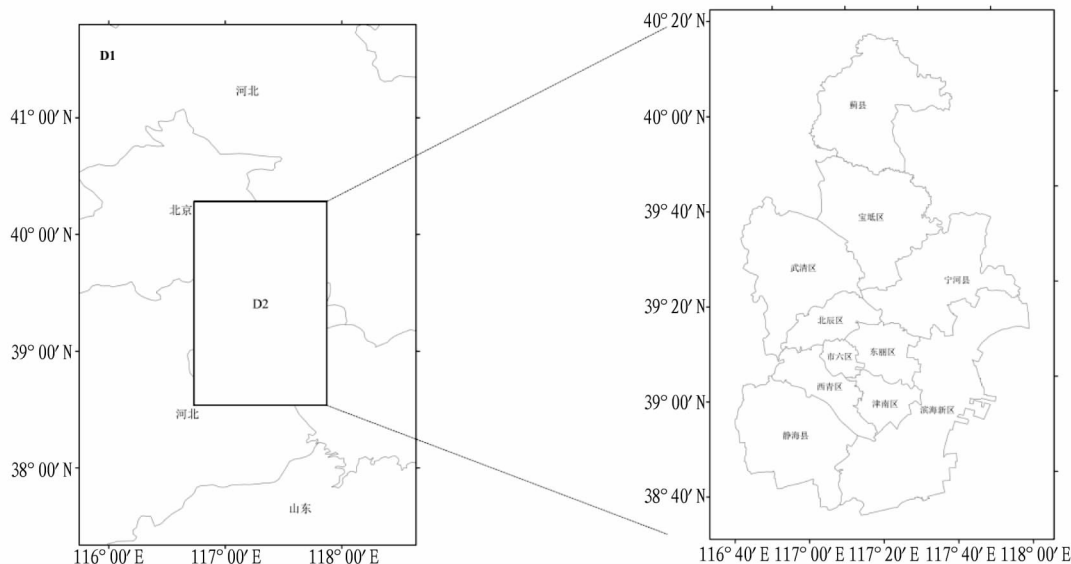


图 1 模式研究区域及嵌套网格区域设置

Fig. 1 The study area and nested domain setup of the models

2 结果与分析

2.1 天津市氨排放清单 根据收集的氨排放活动数据,通过排放因子法计算得到天津市源氨排放清单,如表 1 所示。从表 1 可看出,天津市 2017 年源氨排放总量为 57.45 kt,其中农业源和非农业源的排放量分别为 47.65 和 9.81 kt,分别占排放总量的 82.94% 和 17.08%,表明农业源是天津市氨排放的最大贡献源。天津市毗邻北京,人们的社会生活及生产对畜禽和粮食作物等物质的需求巨大,畜禽养殖和农田氮肥输入保持在较高水平;此外,与其他排放源比,畜禽养殖和氮肥施用的排放因子较大,2 种因素的存在使得农业源成为天

津市氨排放的主要来源。

在农业源中,畜禽养殖和氮肥施用的氨排放量分别为 28.35 和 19.30 kt;而在非农业源中,人体和氮肥工业生产的排放量较大,分别为 4.41 和 3.50 kt,占氨排放总量的 13.77%,这与人口数量的增长和粮食需求加大导致的氮肥需求量增加有关。

武清区、蓟州区、宝坻依次是天津市氨排放最大的地区,年排放量分别高达 11.18、10.35 和 9.87 kt,其排放份额占天津市氨排放总量的 54.66%;排放量较小的地区是市内六区(南开区、和平区、河东区、河西区、河北区和红桥区),年排放

总量为 1.39 kt,占天津市氨排放总量的 2.42%。武清区、蓟州区和宝坻区汇集了天津市大部分养殖资源,畜牧业发达,农作物产量也相对较高,使得氮肥施用量较大,同时这 3 个地区的农村人口相对较多,约占天津市农村人口的 46.96%,导致农村秸秆薪柴的大量使用和焚烧。无论是农业生产还

是氮肥工业生产等,天津市内 6 区均处于最小规模,农村人口数量也是全市最少,因此市内 6 区的氨排放也最少。由此可见,不同地区,由于经济水平、人口数量、物质需求和农牧业结构等的不同,氨排放量也存在显著差异。

表 1 2017 年天津市氨排放量
Table 1 Ammonia emission in Tianjin City in 2017

区县 District	农业源 Agricultural source		非农业源 Non-agricultural sources				合计 Total
	畜禽养殖 Livestock and poultry breeding	氮肥施用 Nitrogen application	氮肥工业生产 Nitrogen fertilizer industrial production	人体 Human body	生物质燃烧 Biomass burning	废弃物处理 Waste disposal	
南开区 Nankai District	0	0	0	304.24	0	0	304.24
和平区 Heping District	0	0	0	142.02	0	0	142.02
河东区 Hedong District	0	0	0	253.49	0	0	253.49
河西区 Hexi District	0	0	0	284.24	0	0	284.24
河北区 Hebei District	0	0	0	222.06	0	0	222.06
红桥区 Hongqiao District	0	0	0	187.68	0	0	187.68
西青区 Xiqing District	1 051.49	1 190.17	0.28	130.79	30.08	78.26	2 481.07
武清区 Wuqing District	5 378.12	5 047.29	0	304.20	440.71	7.81	11 178.13
北辰区 Beichen District	2 786.70	794.52	0	132.96	50.39	11.76	3 771.33
津南区 Jinnan District	575.12	211.46	0	149.26	10.82	8.34	955.00
东丽区 Dongli District	276.69	290.50	1 196.05	126.07	20.04	48.54	1 957.89
宝坻区 Baodi District	4 759.62	4 272.60	0	481.27	350.45	4.92	9 868.86
滨海新区 Binhai New District	1 173.44	582.68	0.56	414.50	80.25	35.12	2 286.55
蓟州区 Jizhou District	5 935.70	3 465.61	0	598.18	350.45	2.11	10 352.05
静海区 Jinghai District	2 891.86	2 064.87	0	407.40	280.65	2.64	5 647.42
宁河区 Ninghe District	3 516.30	1 380.38	2 300.00	275.86	80.86	2.41	7 555.81
合计 Total	28 345.04	19 300.06	3 496.89	4 414.23	1 694.70	201.93	57 452.85

2.2 排放源贡献分析 从各类排放源对天津市氨排放量的贡献(图 2)可以看出,畜禽养殖是该地区最大的氨排放贡献源,占氨排放总量的 49.34%;其次是氮肥施用,占氨排放总量的 33.59%,结果表明农业生产和生活系统是氨排放主要来源。人体和氮肥工业生产的排放量相对较大,分别占氨排放总量的 7.68%和 6.09%,其余排放源共占氨排放总量的 3.30%。

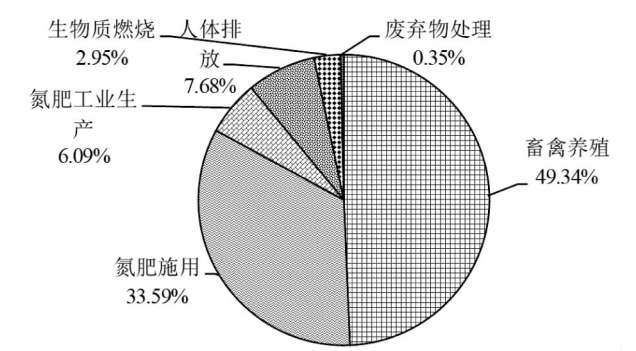


图 2 2017 年天津市氨的排放贡献率

Fig. 2 Ammonia emission contribution by sources in Tianjin City in 2017

由于畜禽养殖是天津市主要氨排放源,该研究针对其不同畜禽养殖类型做进一步的贡献率分析,结果见图 3。从图中可知,奶牛、蛋鸡、生猪、肉牛是该地区最大的 4 类畜禽排

放贡献源,占全市畜禽排放总量的 74.94%,其中奶牛是最大的畜禽养殖贡献源,这与天津市分布着五大奶牛养殖场相关,且奶牛的粪尿排泄量较大,排放因子也较大,造成奶牛的氨排在畜禽养殖中占有较大的贡献率^[16];其次是肉鸡、羊、母猪,分别占全市畜禽排放总量的 12.11%、8.47%和 4.48%,尽管肉鸡排放因子低,但是由于其养殖量较大,在畜禽养殖中占有一定的贡献率。

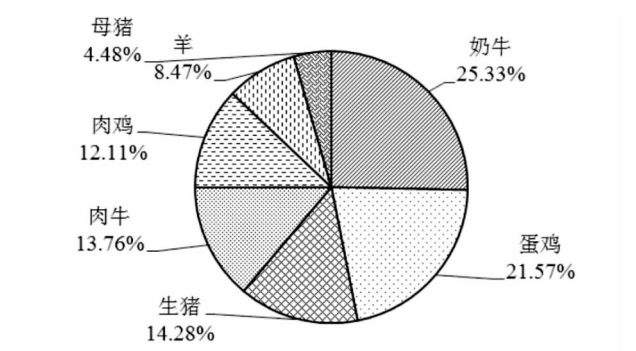


图 3 2017 年天津市畜禽养殖分类别的氨排放贡献率

Fig. 3 Ammonia emission contribution of livestock by categories in Tianjin City in 2017

2.3 氨排放时空分布特征 采用清单模式处理系统(WRF 气象数据处理,SMOKE 清单数据处理)对天津市氨排放进行时间、空间及化学机制处理,从 2017 年 5 月 1 日人为源氨排

放时空分布结果(图 4)可以看出,天津市氨排放具有显著的时间变化及空间分布特征。就空间分布而言,天津市氨排放主要集中分布在武清区、宝坻区、蓟州区等天津市西部及北部区域,年排放量高达 3.765 万 t,该地区排放量占天津市排放总量的 65.5%,其次是宁河区、静海区等天津市东北和西南区域,该地区排放量为 1.320 万 t,占天津市排放总量的 23.0%;氨排放集中分布区域主要是因为这些区域是耕地及畜禽养殖集中区域,耕地面积约 21.57 万 hm^2 ,占天津市耕地面积的 45%左右;从猪当量角度看,畜禽养殖中奶牛和肉牛养殖量占 14.84%,生猪占 39.22%,蛋鸡及肉鸡占 44.34%,

以上数据均表明农业生产及畜禽养殖是氨排放的主要贡献源,二者因素导致西部、北部是天津市氨排放的主要排放区域。就时间变化而言,天津市西部、北部区域农牧源排放与时间具有显著关系,12:00 是农牧源排放排放量较高的时间段,其次是 18:00 左右,这与孙庆瑞等^[17]研究结果一致;天津市其他区域,如静海区和宁河区则变化不显著。这主要是因为武清区、西青区是畜禽养殖集中分布区域,而静海区、宁河区农牧源的主要贡献者是农业系统的氮肥施用,畜禽的 NH_3 排在 12:00、18:00,从而造成武清和西青 2 个区域具有显著的时间变化。

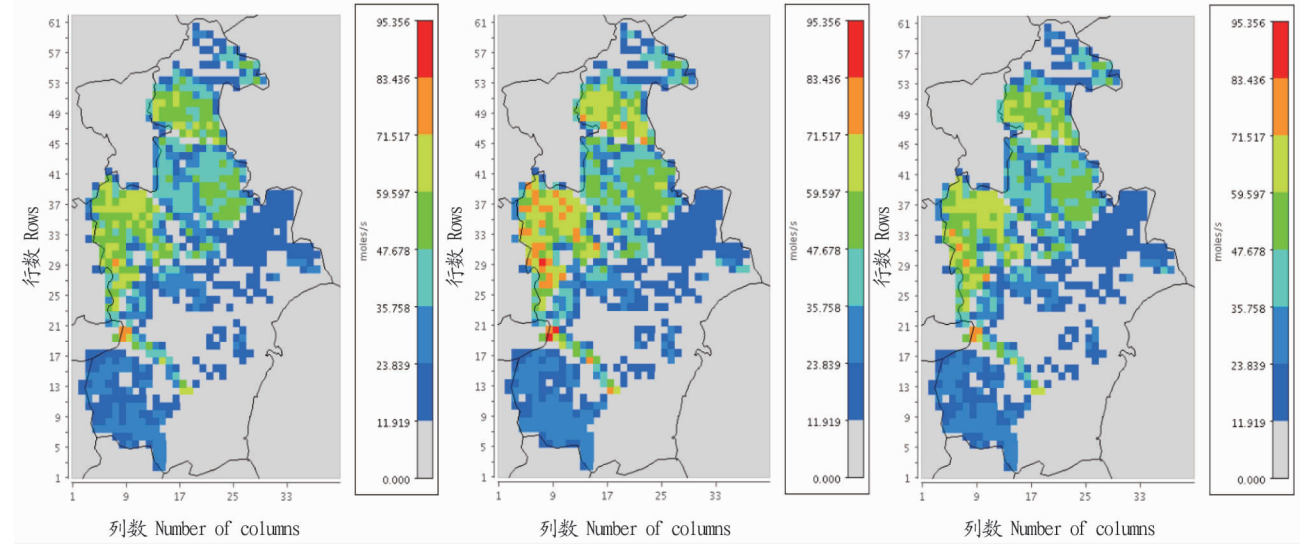


图 4 2017 年 5 月 1 日 06:00(a)、12:00(b)和 18:00(c)天津市氨排放时空分布

Fig. 4 Temporal-Spatial characteristics of anthropogenic ammonia emission in Tianjin City at 16:00 (a), 12:00(b) and 18:00 (c) May 1,2017

2.4 氨排放清单比较 为更准确地反映区域的污染排放情况,通过文献收集,总结不同学者对天津市及其他区域氨排放的研究,与该研究结果进行对比,如表 2 所示,天津市氨排放强度为 4.81 $\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,与广东省、长三角、湖北省等其他研究区域相比,天津市氨排放强度处于中等水平,且在各区域的氨排放中,畜禽养殖是最主要的贡献源,贡献率高达 62%;其次氮肥施用和人体排放也是氨排放的主要贡献源。此外,将该研究结果与孙庆瑞等^[17]研究结果对比,二者在排放总量和排放贡献上基本一致,而该研究畜禽养殖的贡

献率有所下降,氮肥施用的贡献率略有上升,这主要是因为排放因子的选取不同,以及该研究的 NH_3 排放涵盖了生物质燃烧和废弃物处理。王文兴等^[18]、孙庆瑞等^[17]对天津市氨排放量估算结果差异显著,这主要是因为排放因子的选取不同,造成了排放结果的差异较大;王文兴等^[18]对畜禽养殖、氮肥施用的 NH_3 估算分别采用欧洲的畜禽年排放总因子、Whitehead 等^[24]研究结果;而孙庆瑞等^[17]对畜禽养殖采取国外畜禽排放因子加权均值,对氮肥施用的 NH_3 估算则主要结合了国内学者的相关实测结果。

表 2 氨排放量比较
Table 2 Comparison of ammonia emission

序号 No.	文献来源 Literature resources	年份 Year	地区 Area	主要贡献源 Main contribution source	排放量 Emissions kt/a	排放强度 Emission intensity $\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$
1	王文兴等 ^[18]	1991	天津市	畜禽养殖 50.9%,人体排放 34.2%	33.72	2.82
2	孙庆瑞等 ^[17]	1992	天津市	畜禽养殖 49.7%,氮肥施用 28.7%	58.80	4.92
3	董艳强等 ^[19]	2004	长三角	畜禽养殖 44.1%,氮肥施用 49.3%	460.68	4.20
4	尹沙沙等 ^[20]	2006	珠三角	畜禽养殖 62.1%,氮肥施用 21.7%	194.80	7.97
5	沈兴玲等 ^[21]	2010	广东省	畜禽养殖 44.3%,氮肥施用 40.5%	582.90	3.30
6	王平 ^[22]	2009	南通市	畜禽养殖 52.5%,氮肥施用 39.0%	60.02	6.59
7	王振刚等 ^[23]	1999	湖北省	畜禽养殖 62.3%,氮肥施用 17.7%	439.93	2.37
8	该研究	2017	天津市	畜禽养殖 49.3%,氮肥施用 33.6%	57.45	4.81

3 结 论

- (1)2017 年天津市氨排放量为 57.45 kt,农业源贡献最大,占排放总量的 82.94%,非农业源占排放总量的 17.08%。
- (2)农业源中的畜禽养殖和氮肥施用是氨排放的最主要贡献源,分别占排放总量的 49.35%和 33.59%。人体和氮肥工业生产的氨排放量占排放总量的 13.77%,是非农业源的主要氨排放贡献源。
- (3)在畜禽养殖氨排放中,奶牛、蛋鸡、生猪、肉牛是天津市最大的 4 类畜禽排放贡献源,占全市畜禽排放总量的 74.94%,其中奶牛是最大的畜禽养殖贡献源,占排放总量的 25.33%。
- (4)武清区、宝坻区、蓟州区等天津市西部及北部区域是天津市氨排放量主要贡献区域,排放量为 3.765 万 t,占天津市氨排放总量的 65.5%;其次是宁河区、静海区等天津市东北和西南区域,排放量为 1.320 万 t,占天津市排放总量的 23.0%。
- (5)天津市氨排放 12:00 左右排放较高,其次是 18:00 左右。武清区、宝坻区、蓟州区等天津市西部及北部区域是氨排放时间变化显著区域。

参考文献

[1] BATTYE W, ANEJA V P, ROELLE P A. Evaluation and improvement of ammonia emissions inventories [J]. Atmospheric environment, 2003, 37: 3873-3883.

[2] GOEBES M D, STRADER R, DAVIDSON C. An ammonia emission inventory for fertilizer application in the United States [J]. Atmospheric environment, 2003, 37: 2539-2550.

[3] 魏欣, 毕晓辉, 董海燕, 等. 天津市夏季灰霾与非灰霾天气下颗粒物污染特征与来源解析 [J]. 环境科学研究, 2012, 25(11): 1193-1200.

[4] BUIJSMAN E, MAAS H F M, ASMAN W A H. Anthropogenic NH₃ emissions in Europe [J]. Atmospheric environment, 1987, 21(5): 1009-1022.

[5] 彭应登, 杨明珍, 申立贤. 北京氨源排放及其对二次粒子生成的影响 [J]. 环境科学, 2000, 21(6): 101-103.

[6] 刘煜, 李维亮, 周秀骥. 夏季华北地区二次气溶胶的模拟研究 [J]. 中国

科学(D 辑:地球科学), 2005, 35(S1): 156-166.

[7] HELLSTEN S, DRAGOSITS U, PLACE C J, et al. Modelling the spatial distribution of ammonia emissions in the UK [J]. Environmental pollution, 2008, 154: 370-379.

[8] SUTTON M A, DRAGOSITS U, TANG Y S, et al. Ammonia emissions from non-agricultural sources in the UK [J]. Atmospheric environment, 2000, 34: 856-869.

[9] HUTCHINGS N J, SOMMER S G, ANDERSEN J M, et al. A detailed ammonia emission inventory for Denmark [J]. Atmospheric environment, 2001, 35: 1959-1968.

[10] 肖致美, 毕晓辉, 冯银厂, 等. 天津市大气颗粒物污染特征与来源构成变化 [J]. 环境科学研究, 2014, 27(3): 246-252.

[11] 天津市地方志编修委员会办公室. 天津区县年鉴 2011 [M]. 天津: 天津社会科学院出版社, 2011.

[12] 国家统计局天津调查总队. 天津调查年鉴 2012 [M]. 天津: 天津调查年鉴编辑出版社, 2012.

[13] 天津市统计局. 天津统计年鉴 2017 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.

[14] DÍAZ-ROBLES L A, CARIMÁN E, ETCHARREN P, et al. Modeling the biogenic emissions using WRF/MCIP/MEGAN in Chile; a comparison among three urban area [R]. 2009.

[15] Carolina Environmental Program. SMOKE v3. 5. 1 User's Manual [R]. North Carolina, US: The University of North Carolina at Chapel Hill, 2006: 30-32.

[16] 潘涛, 薛念涛, 孙长虹, 等. 北京市畜禽养殖业氨排放的分布特征 [J]. 环境科学与技术, 2015, 38(3): 159-162.

[17] 孙庆瑞, 王芙蓉. 我国氨的排放量和时空分布 [J]. 大气科学, 1997, 21(5): 590-598.

[18] 王文兴, 卢筱凤, 庞燕波, 等. 中国氨的排放强度地理分布 [J]. 环境科学学报, 1997, 17(1): 2-7.

[19] 董艳强, 陈长虹, 黄成, 等. 长江三角洲地区人为氨源排放清单及分布特征 [J]. 环境科学学报, 2009, 29(8): 1611-1617.

[20] 尹沙沙, 郑君瑜, 张礼俊, 等. 珠江三角洲人为氨源排放清单及特征 [J]. 环境科学, 2010, 31(5): 1146-1151.

[21] 沈兴玲, 尹沙沙, 郑君瑜, 等. 广东省人为源氨排放清单及减排潜力研究 [J]. 环境科学学报, 2014, 34(1): 45-53.

[22] 王平. 南通市人为源大气氨排放清单及特征 [J]. 环境科学与管理, 2012, 37(11): 25-28.

[23] 王振刚, 宋振东. 湖北省人为源氨排放的历史分布 [J]. 环境科学与技术, 2005, 28(1): 70-71, 118.

[24] WHITEHEAD D C, BRISTOW A W, LOCKYER D R. Organic matter and nitrogen in the unharvested fractions of grass swards in relation to the potential for nitrate leaching after ploughing [J]. Plant and soil, 1990, 123(1): 39-49.

(上接第 66 页)

种不一致^[9],有可能是种植环境或栽培方式所致。建议进一步开展种植密度、田间肥水管理、病虫害防治等配套栽培技术的研究,以提高其田间种植的增产效果。

参考文献

[1] 马明利, 梁小军, 马吉峰. 宁南山区特色农业产业化升级对策 [J]. 现代农业科技, 2008(22): 323-324.

[2] 张雪艳, 高艳明, 李建设. 宁南山区出口洋葱田间操作规范 [J]. 北方园艺, 2013(11): 54-55.

[3] 刘军, 赵月涛, 燕存起, 等. 洋葱无公害栽培技术 [J]. 安徽农学通报, 2008, 14(10): 71, 93.

[4] 张俊花, 黄伟, 王忠君. 黄皮洋葱在冀西北坝上地区的适应性研究 [J].

河南农业科学, 2014, 43(1): 110-112.

[5] 田蕾, 宗庆姝, 张雪艳. 宁南山区洋葱品种比较试验 [J]. 北方园艺, 2014(11): 35-37.

[6] 杨巨良. 宁夏六盘山区种植业发展现状与建议 [J]. 现代农业科技, 2017(22): 277, 281.

[7] 王胜阳, 张喜春, 秦勇. 俄罗斯优良番茄品种筛选及品比试验(二) [J]. 北方园艺, 2008(1): 4-6.

[8] 赵世杰, 刘华山, 董新纯. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998: 10.

[9] 魏晖, 寇永谋, 漆永红, 等. 嘉峪关市洋葱品种比较试验 [J]. 北方园艺, 2010(9): 18-22.

[10] 董吉德, 张廷龙, 张晓华. 永昌县高海拔地区洋葱引种试验初报 [J]. 甘肃农业科技, 2011(6): 22-23.